

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-232005
(43)Date of publication of application : 16.08.2002

(51)Int.Cl. H01L 33/00

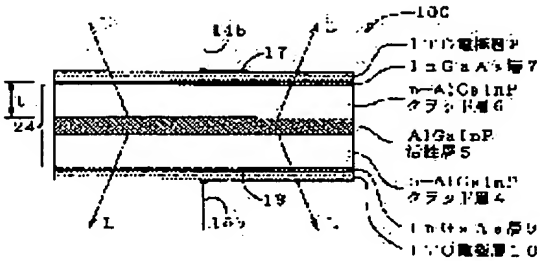
(21)Application number : 2001-024946 (71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD
NANOTECO CORP
(22)Date of filing : 31.01.2001 (72)Inventor : NOTO NOBUHIKO
YAMADA MASAHIRO
ENDO MASAHISA
IKEDA HITOSHI
NOZAKI SHINJI
UCHIDA KAZUO
MORIZAKI HIROSHI

(54) LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting element which can improve light extraction efficiency, by using an oxide transparent electrode layer as an electrode for light emission drive and also, adopting element structure that can lessen the contact resistance of that electrode.

SOLUTION: For the light emitting element 100, a p-type GaAs layer 7 as an electrode junction layer and an ITO electrode layer 8 as an oxide transparent electrode layer are made in this order on the side of the first main surface 17 of a luminous layer part 24. Moreover, an n-type GaAs layer 9 as an electrode junction layer and an ITO electrode layer 10 as an oxide transparent electrode layer are made in this order on the side of the second main surface 18 of the luminous layer part 24. The ITO electrode layers 8 and 10 are made in such form as to form cover both main surfaces 17 and 18, severally, of the luminous layer part 24 all over, together with the p-type GaAs layer 7 and the n-type GaAs layer 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.12.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(2)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-232005

(P2002-232005A)

(43) 公開日 平成14年8月18日 (2002.8.18)

(51) Int.Cl.

H01L 33/00

識別記号

F I

H01L 33/00

7-73-1* (参考)

E 5 F 0 4 1

B

C

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-24948 (P2001-24946)

(22) 出願日 平成13年1月31日 (2001.1.31)

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(71) 出願人 501045021

株式会社ナノテコ

東京都三鷹市下連雀3丁目38番地4号 三
鷹産業プラザ408

(72) 発明者 能登 宜彦

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社磯部工場内

(74) 代理人 100095751

弁理士 菅原 正倫

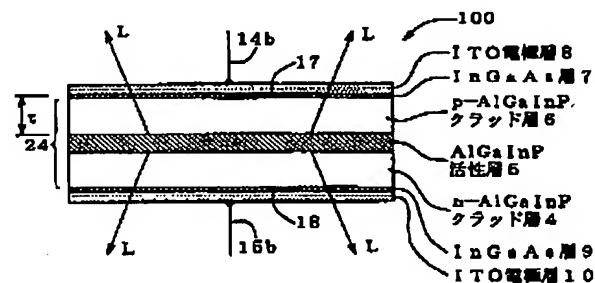
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【要約】

【課題】 発光駆動用の電極として酸化物透明電極層を用いるとともに、該電極の接触抵抗を小さくできる素子構造を採用することにより、光取出効率を改善できる発光素子を提供する。

【解決手段】 発光素子100は、発光層部24の第一主表面17側に、電極接合層としてのp型GaAs層7と酸化物透明電極層としてのITO電極層8とがこの順序にて形成されている。また、発光層部24の第二主表面18側に、電極接合層としてのn型GaAs層9と酸化物透明電極層としてのITO電極層10とがこの順序にて形成されている。ITO電極層8、10は、p型GaAs層7及びn型GaAs層9とともに、発光層部24の両主表面17、18のそれぞれ全面を覆う形にて形成されている。



(2)

特開2002-232005

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 化合物半導体層からなる発光層部と、該発光層部に発光駆動電圧を印加するための酸化物透明電極層とを有し、前記発光層部からの光を、前記酸化物透明電極層を透過させる形で取り出すようにした発光素子において、前記発光層部と前記酸化物透明電極層との間に、該酸化物透明電極層と接する形にて、Alを含有せず、かつバンドギャップエネルギーが1.42eVより小さい化合物半導体からなる電極接合層が形成されてなることを特徴とする発光素子。

【請求項2】 前記電極接合層を構成する化合物半導体は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$)であることを特徴とする請求項1記載の発光素子。

【請求項3】 化合物半導体層からなる発光層部と、該発光層部に発光駆動電圧を印加するための酸化物透明電極層とを有し、前記発光層部からの光を、前記酸化物透明電極層を透過させる形で取り出すようにした発光素子において、前記発光層部と前記酸化物透明電極層との間に、該酸化物透明電極層と接する形にて、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 < x \leq 1$) からなる電極接合層が形成されてなることを特徴とする発光素子。

【請求項4】 前記酸化物透明電極層は前記発光層部の全面を被覆する形にて形成されていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の発光素子。

【請求項5】 前記発光層部は、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 又は $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y \leq 1$) にて構成されていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の発光素子。

【請求項6】 前記発光層部は、各々前記 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 又は前記 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ にて構成される第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有し、前記第一導電型クラッド層及び前記第二導電型クラッド層の少なくともいずれかと前記酸化物透明電極層との間に、該酸化物透明電極層と接する形にて、該電極接合層が形成されてなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の発光素子。

【請求項7】 前記活性層が $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ (但し、 $0 \leq x \leq 0.55$, $0.45 \leq y \leq 0.55$) にて構成されることを特徴とする請求項6記載の発光素子。

【請求項8】 前記活性層は、バンドギャップエネルギーの異なる複数の化合物半導体層が積層された量子井戸構造を有することを特徴とする請求項6又は7に記載の発光素子。

【請求項9】 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる前記電極接合層の厚さが0.001~0.02 μm の範囲に調整されていることを特徴とする請求項2ないし8のいずれ

かに記載の発光素子。

【請求項10】 前記酸化物透明電極層がITO電極層であることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載の発光素子。

【請求項11】 前記酸化物透明電極層がZnO電極層であることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ (以下、 AlGaInP 混晶、あるいは単に AlGaInP と記載する) 混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄い AlGaInP 活性層を、それよりもバンドギャップの大きい n 型 AlGaInP クラッド層と p 型 AlGaInP クラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。また、近年では、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ (但し、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y \leq 1$) を用いて同様のダブルヘテロ構造を形成した青色発光素子も実用化されている。

【0003】 例えば、図7(a)は AlGaInP 発光素子の例であり、該素子300においては、 n 型 GaAs 基板1上にヘテロエピタキシャル成長させる形にて、 n 型 GaAs バッファ層2、 n 型 AlGaInP クラッド層4、 AlGaInP 活性層5、 p 型 AlGaInP クラッド層6がこの順序にて積層され、ダブルヘテロ構造をなす発光層部24が形成されている。14及び15は、駆動電圧を印加するための金属電極である。ここで、金属電極14は透光体として作用するため、例えば、発光層部主表面の中央部のみを覆う形で形成し、その周囲の電極非形成領域から光を取り出すようにしている。

【0004】 この場合、金属電極14の面積をなるべく小さくしたほうが、電極14の周囲に形成される光漏出領域の面積を大きくできるので、光取出し効率を向上させる観点において有利である。従来、電極形状の工夫により、素子内に効果的に電流を拡げて光取出量を増加させる試みがなされているが、この場合も電極面積の増大はいずれにしろ避けがたく、光漏出面積の減少により却って光取出量が制限されるジレンマに陥っている。また、クラッド層6のドーパント濃度ひいては導電率は、活性層5内でのキャリアの発光再結合を最適化するために多少低めに抑えられており、面内方向には電流が広がりにくい傾向がある。これは、電極被覆領域に電流密度が集中し、光漏出領域における実質的な光取出量が低下してしまうことにつながる。そこで、クラッド層6と電極14との間に、ドーパント濃度を高めた低抵抗率の電

(3)

特開2002-232005

3

流拡散層107を形成する方法が採用されている。従来、このような電流拡散層107の材質としては、例えばAlGaAs混晶が使用されている。

【0005】AlGaAs混晶からなる電流拡散層107は、AlGaInP混晶と格子整合するので成長炉内で高品質の半導体層として一貫成長できる利点はあるが、面内方向の電流密度分布を完全に均一化するには、図7(b)に示すように、層厚bを50 μ m程度とかなり厚く設定しなければならない。しかし、これでは成膜に必要な時間が長くなるとともに多量の原料を必要とするため、生産性が著しく低下するとともに高コスト化となり産業利用上の大きな問題となっている。また、素子表面から実際に発光する活性層5までの距離が大きくなりすぎ、直列抵抗増大により、発光効率が低下することに加え、高周波での動作特性が損なわれる不具合も生じていた。他方、図7(c)に示すように、電流拡散層107の層厚bを小さくすると、電流拡散効果が逆に不足し、光漏出領域における実質的な光取出量が小さくなってしまうジレンマがある。

【0006】そこで、AlGaAs混晶からなる電流拡散層107の全面を、高導電率のITO(Indium Tin Oxide: 酸化インジウム錫)透明導電層にて覆い、電流拡散層107の層厚bを小さくしつつも十分な電流拡散効果を達成して、光取出効率を高める提案がなされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者らが検討したところによると、ITOからなる透明導電層をAlGaAs混晶からなる電流拡散層107上に形成した場合、透明導電層と電流拡散層107との接触抵抗が高くなりやすく、直列抵抗増大による発光効率の低下が避けがたくなることがわかった。

【0008】本発明は、発光駆動用の電極として酸化物透明電極層を用いるとともに、該電極の接触抵抗を小さくできる素子構造を採用することにより、光取出効率を改善できる発光素子を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】上記の課題を解決するために、本発明の発光素子の第一の構成は、化合物半導体層からなる発光層部と、該発光層部に発光駆動電圧を印加するための酸化物透明電極層とを有し、発光層部からの光を酸化物透明電極層を透過させる形で取り出すようにした発光素子において、発光層部と酸化物透明電極層との間に、該酸化物透明電極層と接する形にて、Alを含有せず、かつバンドギャップエネルギーが1.42eVより小さい化合物半導体からなる電極接合層が形成されてなることを特徴とする。

【0010】上記の構成によると、酸化物透明電極層を使用することにより、電流拡散層を用いることなく電流を効果的に発光素子領域全面に拡散することが可能とな

4

り、発光量を増大させることが可能となる。また、遮光性の金属電極に覆われた領域も、ワイヤーをボンディング(結合)するための最低限度の大きさに設計することが可能となり、電流を発光素子内に効果的に拡げるために電極のサイズを大きく設計していた従来の発光素子構造と比較して、光取出面積を増加させることができる。さらに、発光層部と酸化物透明電極層との間に、該酸化物透明電極層と接する形にて、Alを含有せず、かつバンドギャップエネルギーが1.42eVより小さい化合物半導体からなる電極接合層を形成することにより、酸化物透明電極層の接触抵抗を大幅に減少させることができ、ひいては光取出効率を高めることができる。

【0011】上記のような電極接合層を用いることにより、酸化物透明電極層の接触抵抗を低減できる理由として、本発明者らは以下の2つの理由を考えている。①従来の発光素子では、酸化物透明電極層はAlGaAs電流拡散層に接する形にて形成されていたが、電流拡散層の透光性を十分に確保するためには、AlAs混晶比を相当高めなければならない。しかしながら、高AlAs混晶比のAlGaAs混晶はAlを高濃度にて含有しているため非常に酸化され易く、酸化物透明電極層を形成すると、該層に含有される酸素がAlGaAs電流拡散層中のAl成分と結合して高抵抗率の酸化層が形成される。②高AlAs混晶比のAlGaAs混晶は、混晶比にもよるが、電流拡散層として通常使用されるものにおいては、バンドギャップエネルギーが2.02~2.13eVと高いので、酸化物透明電極層との間でオーミック接触又はそれに近い低抵抗率の接触(例えば $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下)が形成されにくい。また、AlGaAsを用いずにAlGaInPクラッド層上に直接酸化物透明電極層を接合させた場合にもバンドギャップエネルギーが2.3~2.35eVと高くかつAlを含有するため、上記AlGaAsの場合と同様の問題が生ずる。

【0012】本発明の第一の構成の発光素子によると、酸化物透明電極層と接する電極接合層がAlを含有しないので高抵抗率の酸化層は形成されにくく、かつ、バンドギャップエネルギーも小さい(1.42eV未満;例えばIn_{0.5}Ga_{0.5}Asを採用した場合、0.75eV)のでオーミック状接触を容易に実現できる。その結果、透明電極層の接触抵抗を大幅に低減することができる。

【0013】また、本発明の発光素子の第二の構成は、化合物半導体層からなる発光層部と、該発光層部に発光駆動電圧を印加するための酸化物透明電極層とを有し、発光層部からの光を、酸化物透明電極層を透過させる形で取り出すようにした発光素子において、発光層部と酸化物透明電極層との間に、該酸化物透明電極層と接する形にて、In_xGa_{1-x}As(0<x \leq 1)からなる電極接合層が形成されてなることを特徴とする。該構成

(4)

特開2002-232005

5

も酸化物透明電極層を使用しているもので、第一の構成と同様に、光取出面積を増加させることができる。また、発光層部と酸化物透明電極層との間に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる電極接合層を形成することにより、酸化物透明電極層の接触抵抗を大幅に減少させることができ、ひいては光取出効率を飛躍的に高めることができる。

【0014】図9は：

① AlGaAs 層もしくは AlGaInP 層上に直接ITO透明電極を形成した発光素子；

② AlGaAs 上に GaAs 層（バンドギャップ1.42 eV）を介してITO透明電極層を形成した発光素子；及び、

③ $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 電極接合層を介してITO透明電極層を形成した本発明の発光素子；

の、それぞれの電流電圧特性を示すものである。ITO透明電極層に GaAs 層を接触させた②では、直列抵抗成分の低下によりVF値（ある特定の電流値を流すのに必要な電圧の値）が①と比較して低下しているが、依然、多少高めの値を示している。これに対し、 GaAs よりもバンドギャップエネルギーが小さい InGaAs 層を利用した③（本発明）では、VFの低下がより顕著であり、実用的なレベルに到達していることがわかる。

【0015】上記本発明の発光素子の第一及び第二の構成において、酸化物透明電極層の材質は、酸化スズ（ SnO_2 ）あるいは酸化インジウム（ In_2O_3 ）を主体とするものを使用できる。具体的には、酸化物透明電極層は、ITOが高導電率であり、本発明に好適に使用できる。ITOは、酸化スズをドーブした酸化インジウム膜であり、酸化スズの含有量を1～9質量%とすることで、電極層の抵抗率を $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の十分に低い値とすることができる。なお、ITO電極層以外では、 ZnO 電極層が高導電率であり、本発明に採用可能である。また、酸化アンチモンをドーブした酸化スズ（いわゆるネサ）、 Cd_2SnO_4 、 Zn_2SnO_4 、 ZnSnO_3 、 MgIn_2O_4 、酸化イットリウム（Y）をドーブした CdSb_2O_6 、酸化スズをドーブした GaInO_3 なども酸化物透明電極層の材質として使用することができる。

【0016】これらの酸化物透明電極層は、公知の気相成膜法、例えば化学蒸着法（chemical vapor deposition: CVD）あるいはスパッタリングや真空蒸着などの物理蒸着法（physical vapor deposition: PVD）、あるいは分子線エピタキシャル成長法（molecular beam epitaxy: MBE）にて形成することができる。例えば、ITO電極層や ZnO 電極層は高周波スパッタリング又は真空蒸着により製造でき、また、ネサ膜はCVD法により製造できる。また、これら気相成長法に代えて、ゾルゲル法など他の方法を用いて形成してもよい。

【0017】酸化物透明電極層は、発光層部の全面を被

6

覆する形にて形成することができる。このように構成すると、酸化物透明電極層に電流拡散層の機能を担わせることができ、従来のような化合物半導体からなる厚い電流拡散層の形成が不要となったり、仮に形成する場合でも、その厚みを大幅に減らすことができるから、工程の簡略化によるコスト削減に寄与し、産業利用上非常に有効である。他方、電極接合層の形成厚さは、オーミック接触を形成するために必要十分な程度であれば、それほど厚くする必要がなく、また、具体的には、電極接合層を構成する化合物半導体が、薄膜化によりバルク結晶とは異なるバンドギャップエネルギーを示すようにならない程度の厚さを確保すればよく、例えば $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ を用いる場合であれば、0.001 μm 程度もあれば十分である。従って、酸化物透明電極層と発光層部との層間距離を従来の発光素子よりも大幅に縮めることができ、それによる直列抵抗低減効果を最小限に低下することが可能となる。なお、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ からなる電極接合層の厚さを過剰に大きくすることは、該電極接合層における光吸収が増大する結果、光取出効率の低下を招くので、0.02 μm 以下とすることが望ましい。

【0018】また、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）又は $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x+y \leq 1$ ）からなる発光層部はいずれも殆どの場合にAlを含有するので、酸化劣化の問題を考慮しなければならないが、酸化物透明電極層にて全面的に覆う構成を採用することで、該酸化物透明電極層を上記Alを含有する発光層部に対するパッシベーション膜としても機能させることができる利点がある。

【0019】なお、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ は、混晶比によつては上記発光層部をなす化合物半導体（あるいは GaAs ）との格子定数の差が多少大きくなる化合物半導体ではあるが、厚さ0.001～0.02 μm 程度の薄膜として形成する場合は、格子不整合の影響を比較的小さく留めることができるので、該化合物半導体を用いて電極接合層を形成することが可能である。

【0020】なお、化合物半導体層を用いて酸化物透明電極層と直接接する電極接合層を形成する場合、該透明電極層とのオーミック状接触を良好に形成する観点から、前述の通り、バンドギャップエネルギーが1.42 eVより小さい化合物半導体を用いることが望ましい。そして、上記のような薄膜化による格子不整合の影響軽減により、 InGaAs のほかに InP 、 InAs 、 GaSb 、 InSb またはそれらの混晶を用いることも可能である。

【0021】 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 又は $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ からなる発光層部は、各々 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 又は $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ にて構成される第一導電型クラッド

(5)

特開2002-232005

7

層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして形成できる。活性層の両側に形成されるクラッド層とのバンドギャップ差に起因したエネルギー障壁により、注入されたホールと電子とが狭い活性層中に閉じ込められて効率よく再結合するので、非常に高い発光効率を実現できる。さらに、活性層の組成調整により、前者は緑色から赤色領域（ピーク発光波長が520nm以上670nm以下）にかけて、後者は紫外領域から赤色（ピーク発光波長が300nm以上700nm以下）にかけての、それぞれ広範囲の発光波長を実現することができる。

【0022】そして、上記構成においては、第一導電型クラッド層及び第二導電型クラッド層の少なくともいずれかと接する位置に電極接合層を形成することができる。例えば、ダブルヘテロ構造からなる発光層部の片側の主表面のみを光取出面として使用する場合は、該側に位置するクラッド層と酸化物透明電極層との間に該酸化物透明電極と接する形にて電極接合層を形成して、酸化物透明電極層を形成することができる。他方、発光層部の両側の主表面を光取出面として使用する場合は、両側のクラッド層のそれぞれに対応して酸化物透明電極を形成するとともに、各酸化物透明電極とクラッド層との間には、酸化物透明電極に接する電極接合層を形成することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、発光層部24の第一主表面17側に、電極接合層としてのInGaAs層7と酸化物透明電極層としてのITO電極層8とがこの順序にて形成されている。また、発光層部24の第二主表面18側に、電極接合層としてのInGaAs層9と酸化物透明電極層としてのITO電極層10とがこの順序にて形成されている。ITO電極層8、10は、InGaAs層7及びInGaAs層9とともに、発光層部24の両主表面17、18のそれぞれ全面を覆う形にて形成されている。

【0024】発光層部24は、各々 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 混晶とされるときともに、第一導電型クラッド層6、第二導電型クラッド層4、及び第一導電型クラッド層6と第二導電型クラッド層4との間に位置する活性層5からなるダブルヘテロ構造とされている。具体的には、ノンドープ $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （但し、 $0 \leq x \leq 0.55$ 、 $0.45 \leq y \leq 0.65$ ）混晶からなる活性層5を、p型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ クラッド層6とn型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ クラッド層4とにより挟んだ構造となっている。図1の発光素子100では、ITO電極層8側にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、ITO電極層10側にn型AlGaInP

8

クラッド層4が配置されている。従って、通電極性はITO電極層8側が正である。なお、当業者には自明のことであるが、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行なわない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。

【0025】なお、図1の発光素子100において、各層の厚さの事例として以下のような数値を例示できる：

- ・InGaAs層7＝厚さ：約0.005 μm
- ・ITO電極層8＝厚さ：0.2 μm 、酸化スズ含有率：7質量%（残部酸化インジウム）；
- ・p型AlGaInPクラッド層6＝1 μm ；
- ・AlGaInP活性層5＝0.6 μm ；
- ・n型AlGaInPクラッド層4＝1 μm ；
- ・InGaAs層9＝厚さ：約0.005 μm
- ・ITO電極層10＝ITO電極層8と同一構成。

【0026】以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。まず、図3に示すように、AlGaInP混晶と格子整合する化合物半導体単結晶基板であるGaAs単結晶基板1の第一主表面1aに、n型GaAsバッファ層2を例えば0.5 μm 、次いで、発光層部24として、1 μm のn型AlGaInPクラッド層4、0.6 μm のAlGaInP活性層（ノンドープ）5、及び1 μm のp型AlGaInPクラッド層6、さらにInGaAs層7をp型AlGaInPクラッド層6上に厚さ0.005 μm にてエピタキシャル成長させる。これら各層のエピタキシャル成長は、公知の有機金属気相エピタキシャル成長（Metalorganic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE）法により行なうことができる。

【0027】上記の成長後、例えば硫酸系水溶液（濃硫酸：30%過酸化水素水：水＝3：1：1容量比）からなるエッチング液に浸漬することにより、GaAs基板1およびGaAsバッファ層2をエッチング除去することができる（図4（a））。そして、同図（b）に示すように、そのエッチング剥離された側において、n型AlGaInPクラッド層4の主表面18に、InGaAs層9を、MOVPE法により厚さ0.005 μm にてエピタキシャル成長させる。

【0028】そして、それぞれのInGaAs層7及びInGaAs層9の両主表面に、公知の高周波スパッタリング法（ターゲット組成（ $\text{In}_2\text{O}_3 = 90.2$ 重量%、 $\text{SnO}_2 = 9.8$ 重量%）、rf周波数13.56MHz、Ar圧力0.6Pa、スパッタ電力30W）により、ITO電極層8、10をそれぞれ厚さ0.2 μm にて形成し、積層体ウェーハ13を得る。なお、膜形成後に窒素雰囲気中300℃～500℃の温度で熱処理を施すことにより、約1桁抵抗率を低減することができる。積層体ウェーハ13はダイシングにより半導体チップとされ、支持体に固着した後、図1に示すようにリー

(6)

特開2002-232005

9

ド線14b、15bを取り付け、さらに図示しない樹脂封止部を形成することにより発光素子100が得られる。

【0029】上記発光素子100によると、p型AlGaInPクラッド層6及びn型AlGaInPクラッド層4の全面が、それぞれInGaAs層7及びInGaAs層9を介してITO電極層8及びITO電極層10により覆われてなり、これらITO電極層8、10を介して駆動電圧が印加される。駆動電圧による駆動電流は導電性の良好なITO電極層8、10の全面に均一に拡散するので、光取出面（両主表面17、18）の全体にわたって均一な発光が得られるとともに、電極層8、10が透明なので光取出効率が向上する。さらに、ITO電極層8、10は、バンドギャップが比較的狭いInGaAs層7及びInGaAs層9に対しオーミック状接触状態を形成するため、接触部の直列抵抗が小さく抑えられ、発光効率が大幅に高められている。

【0030】さらに、従来の発光素子のような厚い電流拡散層が不要となるため、ITO電極層（酸化物透明電極層）と発光面までの距離を大幅に短くできる。その結果、直列抵抗の低減を図ることができる。なお、発光面は、以下のように定義する。まず、発光層部24が上記のようなダブルヘテロ構造を有する場合には、酸化物透明電極層（ITO電極層）に近い側のクラッド層／活性層界面（ITO電極層8からみればp型クラッド層6と活性層5と界面であり、ITO電極層10からみればn型クラッド層4と活性層5と界面である）を発光面として定義する。他方、本発明は、上記のようなダブルヘテロ構造型の発光層部を有するものに限らず、シングルヘテロ構造型の発光層部を有する発光素子にも適用可能であるが、この場合は、そのヘテロ接合界面を発光面として定義する。そして、本発明の採用により、酸化物透明電極層と電極接合層との界面から発光面までの距離 t （図1参照）は、具体的には $3\mu\text{m}$ 以下の小さな値とすることが可能となる。

【0031】電極接合層であるInGaAs層7あるいはInGaAs層9は、適当なドーパントの添加により、これと接する各クラッド層6、4とそれぞれ同じ導電型を有するものとして形成してもよいが、InGaAs層7あるいはInGaAs層9を上記のような薄層として形成する場合は、これらをドーパント濃度の低い低ドーブ層（例えば 10^{17} 個/ cm^3 以下；あるいはノンドーブ層（ 10^{13} 個/ $\text{cm}^3 \sim 10^{16}$ 個/ cm^3 ）として形成しても直列抵抗の過度の増加を招かないので、問題なく採用可能である。他方、低ドーブ層とした場合、発光素子の駆動電圧によっては、以下のような効果が達成できる。すなわち、電極接合層を低ドーブ層とすることで、層の電気抵抗率自体は高くなるので、これを挟む電気抵抗率の小さいクラッド層あるいはITO層に対して、電極接合層の層厚方向に印加される電界

10

（すなわち、単位距離当たりの電圧）が相対的に高くなる。このとき、電極接合層を、バンドギャップの比較的小さいInGaAsにより形成しておく、上記電界の印加により電極接合層のバンド構造に適度な曲がりが生じ、より良好なオーミック状接合を形成することができる。

【0032】なお、InGaAs層とAlGaInP層とを直接接合した場合、接合界面にやや高いヘテロ障壁が形成され、これに起因して直列抵抗成分が増大する場合があります。そこで、これを低減する目的で、図8に示す発光素子150のように、酸化物透明電極（ITO電極層）8と接するInGaAs電極接合層7と、AlGaInPクラッド層6との間に、GaAs層19、AlGaAs層20、AlGaInP層21等からなる中間層を必要に応じて挿入することができる。この構造を採用する場合でも、それら中間層の厚さはそれぞれ $0.1\mu\text{m}$ 程度以下とすることが可能なため、薄層化によるエピタキシャル成長時間の短縮、ひいては生産性の向上を図ることができ、中間層形成による直列抵抗の増分も少なくできるため、発光効率も損なわれにくい。

【0033】なお、図5に示す発光素子50のように、ダブルヘテロ構造層からなる発光層部24に、その片側にのみ電極接合層（例えばInGaAs層）及び酸化物透明電極層（ITO電極層）を接合してもよい。この場合は、n型GaAs基板1は素子基板に流用され、その第一主表面側にInGaAs層7及びITO電極層8が形成される。また、図6に示す発光素子51のように、GaAs基板1と発光層部24との間に、例えば特開平7-66455号公報に開示されている半導体多層膜や、あるいはAuないしAu合金にて構成された金属層を反射層16として挿入することができる。これにより、発光層部24から直接光取出層側に漏出する光Lに加え、反射層16での反射光L'が加わるので、光取出効率を高めることができる。また、全反射損失をさらに低減するために、特開平6-190893号公報に開示されているように、発光層部と光取出層との界面を光取出方向に向けて凸状に湾曲させることもできる。

【0034】図1の発光素子100においては、ダブルヘテロ構造をなす発光層部24の各層をAlGaInP混晶にて形成していたが、図2に示すように、ダブルヘテロ構造をなす発光層部124の各層（p型クラッド層106、活性層105及びn型クラッド層104）をAlGaInN混晶により形成することにより、青色あるいは紫外発光用のワイドギャップ型発光素子200を構成することもできる。発光層部124は、図1の発光素子100と同様にMOVPE法により形成される。該図2の発光素子200は、発光層部124を除き、残りの部分は図1の発光素子100と同一構成であるので、詳細な説明は省略する。

【0035】また、活性層5あるいは105は上記実施

(7)

特開2002-232005

11

形態では単一層として形成していたが、これを、バンドギャップエネルギーの異なる複数の化合物半導体層が積層されたもの、具体的には、図10(a)に示すような量子井戸構造を有するものとして構成することもできる。量子井戸構造を有する活性層は、図10(b)及び(c)に示すように、淀晶比の調整によりバンドギャップが互いに相違する2層、すなわちバンドギャップエネルギーの小さい井戸層Bと大きい障壁層Aとを、各々電子の平均自由行程もしくはそれ以下の厚さ（一般に、1原子層～数10Å）となるように格子整合させる形で積層したものである。上記構造では、井戸層Bの電子（あるいはホール）のエネルギーが量子化されるため、例えば半導体レーザー等に適用した場合に、発振波長をエネルギー井戸層の幅や深さにより自由に調整でき、また、発振波長の安定化、発光効率の向上、さらには発振しきい電流密度の低減などに効果がある。さらに、井戸層Bと障壁層Aとは厚さが非常に小さいため、2～3%程度までであれば格子定数のずれが許容され、発振波長領域の拡大も容易である。なお、量子井戸構造は、(b)に示すように、井戸層Bを複数有する多量量子井戸構造としてもよいし、(c)に示すように、井戸層Bを1層のみ有する単一量子井戸構造としてもいずれでもよい。図では、p型及びn型の各クラッド層を(Alo.7Ga0.3)0.5In0.5P混晶により、障壁層Aを(Alo.5Ga0.5)0.5In0.5P混晶により、井戸層Bを(Alo.2Ga0.8)0.5In0.5P混晶によりそれぞれ構成している。なお、障壁層Aの厚さは、例えばクラッド層と接するもののみ50Å程度とし、他は60Å程度とすることができる。また、井戸層Bは50Å程度とすることができる。

【0036】以上、本発明の実施の形態を示したが、本発明は何らこれに限定されることはなく、特許請求の範囲の記載事項を逸脱しない限り、種々の改良あるいは変更を加えることができる。例えば、上記実施形態では、発光層部をAlGaInP混晶あるいはAlGaInN混晶により形成していたが、GaP、GaAsPあるいはAlGaAsなど、他の化合物半導体により発光層部を形成してもよく、この場合も、前記した本発明の効果

12

を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の発光素子の一例を積層構造にて示す模式図。

【図2】本発明の発光素子の別例を積層構造にて示す模式図。

【図3】図1の発光素子の製造工程を示す模式図。

【図4】図3に続く模式図。

【図5】発光層部の第一主表面にのみ電極接合層及び酸化物透明電極層を形成した素子構造の例を示す模式図。

【図6】図5において、光取出層の第二主表面側に反射層を挿入した素子構造の例を示す模式図。

【図7】従来の発光素子の構造と問題点とを示す説明図。

【図8】電極接合層とクラッド層との間に中間層を形成した素子構造の例を示す模式図。

【図9】AlGaInPとITO電極層との間に各種の電極接合層を設けた場合の、それぞれのVF値を示すI-V特性図。

【図10】量子井戸構造を有する活性層の模式図。

【符号の説明】

4 n型AlGaInPクラッド層（第二導電型クラッド層）

5 AlGaInP活性層

6 p型AlGaInPクラッド層（第一導電型クラッド層）

7 InGaAs層（電極接合層）

8 ITO電極層（酸化物透明電極層）

9 InGaAs層（電極接合層）

30 10 ITO電極層（酸化物透明電極層）

24 発光層部

104 n型AlGaInNクラッド層（第二導電型クラッド層）

105 AlGaInN活性層

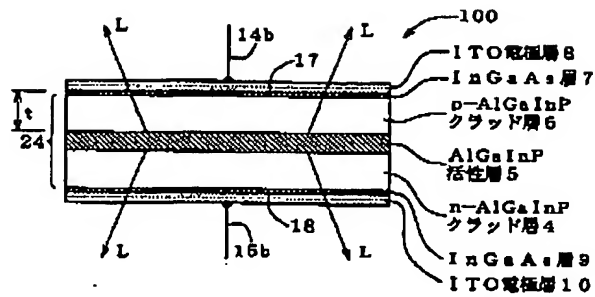
106 p型AlGaInNクラッド層（第一導電型クラッド層）

50, 51, 100, 200 発光素子

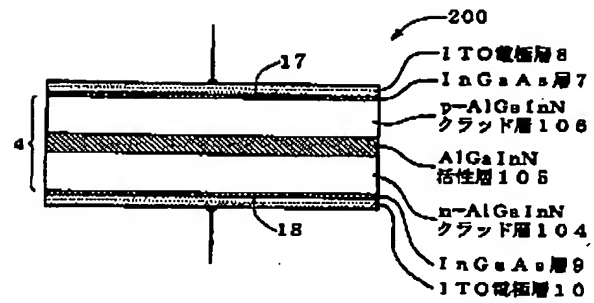
(8)

特開2002-232005

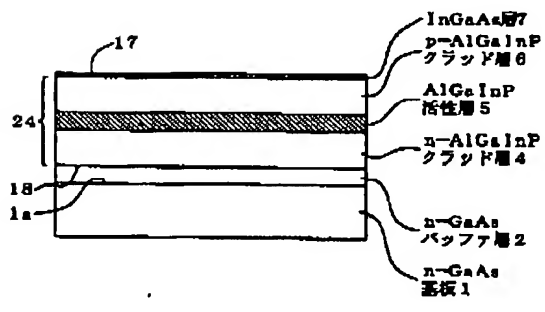
【図1】



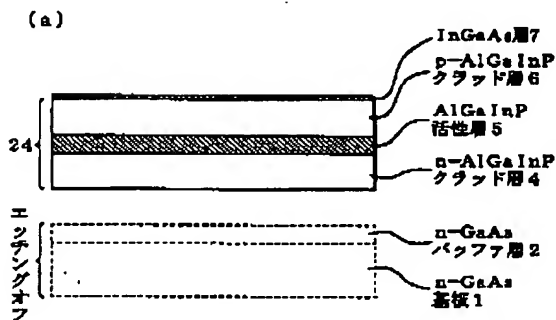
【図2】



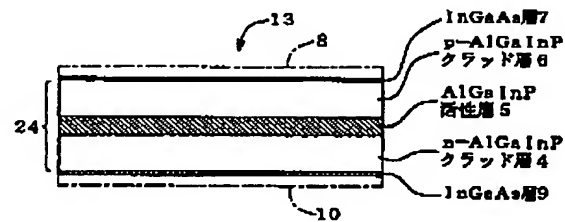
【図3】



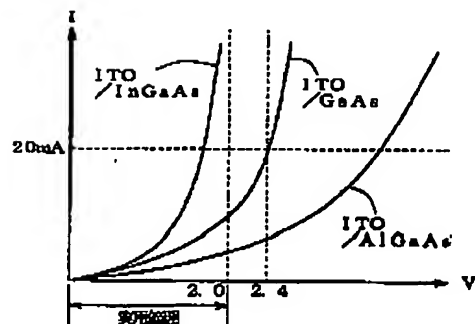
【図4】



(b)



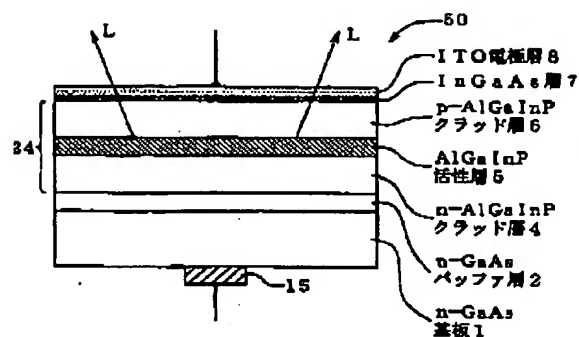
【図9】



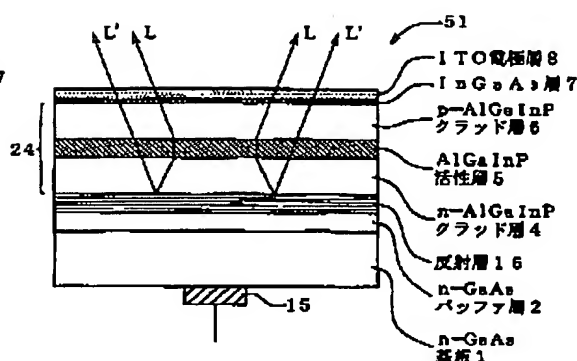
(9)

特開2002-232005

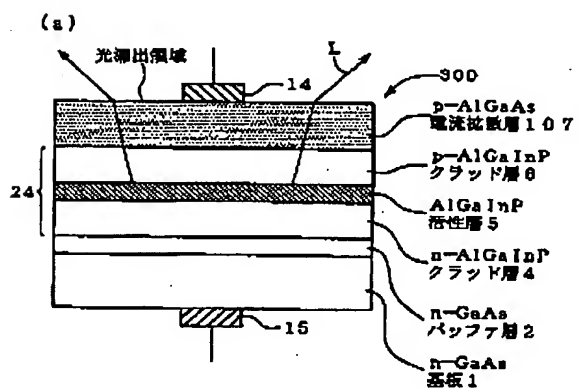
【図5】



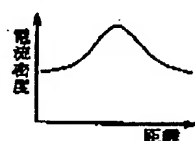
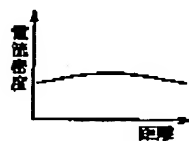
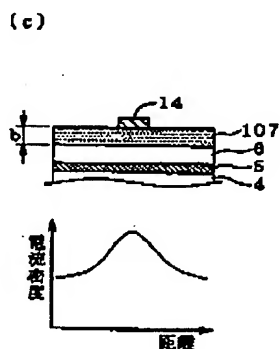
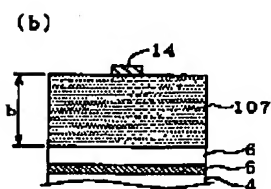
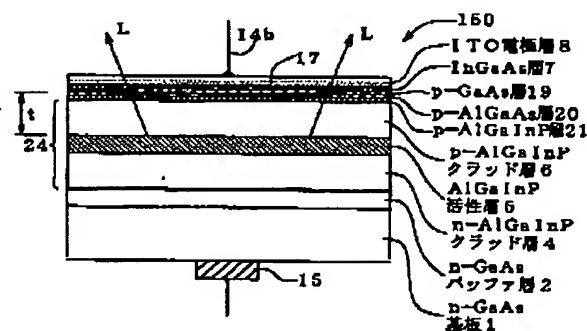
【図6】



【図7】



【図8】

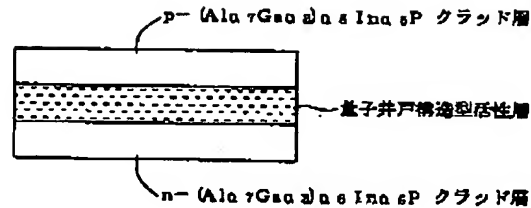


(10)

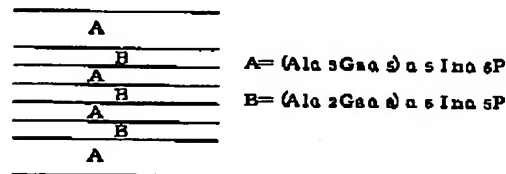
特開2002-232005

【図10】

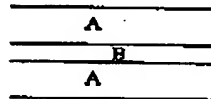
(a)



(b)



(c)



フロントページの続き

(72)発明者 山田 雅人
群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社磯部工場内

(72)発明者 遠藤 正久
群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社磯部工場内

(72)発明者 池田 均
群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社磯部工場内

30 (72)発明者 野崎 真次
神奈川県川崎市粉形6-5-2 フローラ
ルガーデン向ヶ丘遊園308

(72)発明者 内田 和男
東京都大田区久が原4-5-7

(72)発明者 森崎 弘
埼玉県鶴ヶ島市鶴が丘27-16-606

Fターム(参考) 5F041 AA08 AA21 CA34 CA40 CA88
CA91